



LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA



FACULDADE DE
MEDICINA
LISBOA

TRABALHO FINAL

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA

Clínica Universitária de Otorrinolaringologia

Cirurgia Endoscópica Nasal e dos Seios Peri-nasais: Do Passado ao Futuro

João Ricardo Nunes Pires

ABRIL'2018

TRABALHO FINAL

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA

Clínica Universitária de Otorrinolaringologia

Cirurgia Endoscópica Nasal e dos Seios Peri-nasais: Do Passado ao Futuro

João Ricardo Nunes Pires

Orientado por:

Dr. Marco Simão

ABRIL'2018

RESUMO

Ao longo da segunda metade do século XX, assistiu-se a uma evolução progressiva da abordagem cirúrgica da patologia naso-sinusal, inicialmente focada na remoção da mucosa, com recurso a técnicas rudimentares e radicais, associadas a uma maior taxa de complicações e morbilidade, até à introdução do endoscópio e do conceito de *FESS* (Cirurgia Endoscópica Funcional dos Seios Peri-Nasais), que veio estimular a realização de procedimentos funcionais, com preocupação pela preservação da mucosa, visando o diagnóstico e cirurgia minimamente invasivos.

O desenvolvimento da instrumentação, bem como tecnológico, com recurso a dispositivos de última geração, tecnologia de alta definição e cirurgia orientada por imagem computadorizada, vieram transformar não só a abordagem da patologia naso-sinusal, como também permitiram a expansão das aplicações da cirurgia endoscópica para além das patologias de natureza essencialmente inflamatória e confinadas à cavidade nasal e seios peri-nasais, incluindo tumores naso-sinusais, patologias da base do crânio e da cavidade orbitária.

O objetivo desta revisão passa por abordar de forma sistemática a evolução da cirurgia endoscópica nasal e dos seios peri-nasais até à atualidade, não só de uma perspetiva técnica como também relativamente à sua aplicabilidade, visando ainda promover a discussão sobre o que o futuro reservará a este que é um dos procedimentos de Otorrinolaringologia mais frequentemente realizados atualmente e que transformou por completo a prática em Rinologia.

O Trabalho Final exprime a opinião do autor e não da FML.

PALAVRAS-CHAVE

Palavras-chave: Endoscópio, Endoscopia nasal, Cirurgia endoscópica, *FESS*

ABSTRACT

During the second half of the 20th century, there was a progressive evolution of the surgical approach to sinonasal pathology, initially focused on mucosal removal, using rudimentary and radical techniques, associated with a higher rate of complications and morbidity, until the introduction of the endoscope and the concept of *FESS* (Functional Endoscopic Surgery of the Paranasal Sinuses), which allowed the performance of functional procedures, with concern for the preservation of the mucosa, aiming at minimally invasive diagnosis and surgery.

The development of instrumentation, as well as technological advancements, such as the latest generation devices, *HD* technology and image-guided surgery, have transformed not only sinonasal pathology approach, but also allowed the expansion of endoscopic surgery applications beyond inflammatory pathologies confined to the nasal cavity and paranasal sinuses, to sinonasal tumors, skull base and orbital procedures.

This review will address the evolution of endoscopic nasal and sinus surgery, not only from a technical perspective but also with regard to its applicability, aiming at furthering the discussion of what the future holds for this surgical procedure, which is one of the Otorhinolaryngology procedures most frequently performed nowadays and that has profoundly transformed the practice in Rhinology.

The final work expresses the opinion of the author and not the FML.

KEYWORDS

Keywords: Endoscope, Nasal endoscopy, Endoscopic surgery, *FESS*

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	8
PERSPETIVA HISTÓRICA.....	10
DESENVOLVIMENTO DA INSTRUMENTAÇÃO.....	15
RADIOLOGIA E FESS	19
PERSPETIVAS FUTURAS	21
TECNOLOGIA 3D	21
SISTEMAS ROBÓTICOS	22
SISTEMA DE NAVEGAÇÃO DE REALIDADE AUMENTADA	23
CONCLUSÃO	25
AGRADECIMENTOS.....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

INTRODUÇÃO

A endoscopia (do grego *éndon* “dentro” e *skopeîn* “olhar”, isto é, “olhar para dentro”)¹ consiste num procedimento médico que faz uso do endoscópio para examinar o interior de órgãos ocultos ou cavidades corporais. Embora o *design* possa variar consoante o uso específico, todos os endoscópios possuem elementos semelhantes, um tubo de metal ou fibra ótica equipado com um sistema de lentes que permite a visualização numa variedade de direções, um sistema de iluminação ligado a uma fonte de luz por um cabo de alimentação, uma fonte de energia e um conjunto de acessórios que podem ser utilizados para fins diagnósticos ou terapêuticos, tais como ponta de sucção, fórceps para remoção de tecido para biópsia ou de um corpo estranho, escovas de biópsia, elétrodos para cauterização, câmara de vídeo, monitores e gravadores de imagem.²

São inúmeras as áreas médicas que usufruíram da introdução da endoscopia, e a Otorrinolaringologia não foi exceção. Isto porque, otimizar a visualização das estruturas nasais internas tem sido um objetivo antigo, trazendo consigo a procura de adaptação de novas tecnologias, novos instrumentos, modos de iluminação, métodos de imagem e de exame. E, sabendo que uma visão aprimorada otimiza o diagnóstico e terapêutica, o seu valor deve ser sublinhado. Mais concretamente a cirurgia endoscópica nasal e dos seios peri-nasais veio alterar profundamente a forma como se abordava as patologias desta área, com vantagens quer ao nível do diagnóstico, quer ao nível operatório e dos cuidados pós-operatórios.

Antes da introdução da endoscopia no final do século XX, a maioria dos procedimentos cirúrgicos das fossas nasais e dos seios peri-nasais era realizada com o espelho frontal e requerendo muitas vezes incisões externas.³ Na década de 70, o microscópio operatório começou a ser utilizado por alguns cirurgiões nas etmoidectomias, passando a ser possível obter uma imagem operatória mais ampliada. Contudo, as limitações deste método de observação eram evidentes: dificuldade em obter uma abertura suficiente das narinas de forma a conseguir uma visão binocular efetiva; a hemorragia; a baixa intensidade da iluminação; e o facto da visualização apenas num eixo de visão não permitir a visão das cavidades laterais.

O endoscópio, por seu lado, apesar de não proporcionar uma visão binocular, veio permitir o exame detalhado dos seios peri-nasais e, pela primeira vez, ângulos de visão, os quais vieram possibilitar que fossem ultrapassadas barreiras relacionadas com a linha

de visão. A introdução dos endoscópios na cirurgia nasal coincidiu com o conceito de necessidade de preservação da mucosa. A cirurgia passou a ser mais funcional, evitando-se cada vez mais a remoção da mucosa como abordagem no tratamento das doenças inflamatórias dos seios peri-nasais, muito associada ao aumento da cicatrização, fibrose e osteogénese durante o pós-operatório, ao aumento da formação de mucocoele, a osteíte e dor crónicas, com manutenção de uma função mucociliar naso-sinusal deficiente.^{4, 5} Com a cirurgia endoscópica, para além de uma recuperação pós-operatória mais acelerada pela redução do trauma, o tempo cirúrgico e os custos operacionais foram dois aspetos que vieram a beneficiar desta técnica.⁶ De facto, o endoscópio transformou a prática de Rinologia, passando a ser progressivamente utilizado de forma sistemática quer nas cirurgias quer em consulta. Atualmente a cirurgia endoscópica das fossas nasais e dos seios peri-nasais é um dos procedimentos de Otorrinolaringologia mais frequentemente realizados. Progressivamente a sua utilização está a ser alargada para a abordagem de lesões neurocirúrgicas, através da base do crânio.^{7, 8}

A Cirurgia Endoscópica Funcional dos Seios Peri-Nasais (*FESS*), cujos princípios foram pela primeira vez estabelecidos em 1985 e se devem principalmente a *Walter Messerklinger*, enquanto procedimento minimamente invasivo, veio revolucionar a gestão médica e cirúrgica da doença naso-sinusal, bem como o entendimento da sua fisiopatologia, a partir da avaliação dos padrões de funcionamento mucociliar, das alterações do complexo osteomeatal e da integração de imagens a partir da Tomografia Computorizada (TC).^{9, 10} Sendo um procedimento intranasal que recorre a um endoscópio para restaurar a normal ventilação e drenagem dos seios peri-nasais, a par da remoção de pólipos, e um dos procedimentos de ORL mais utilizados, a *FESS* constitui o principal suporte terapêutico da Rinossinusite Crónica refratária à terapêutica médica.¹¹

PERSPETIVA HISTÓRICA

Do ponto de vista histórico, se quisermos saber quando começou o estudo da cavidade nasal e dos seios peri-nasais temos de viajar até ao Egipto, no período compreendido entre 1540 e 1075 a.C., em que os médicos extraíam conteúdo intracraniano via nasal, uma etapa de um processo conhecido como mumificação.^{12, 13, 14}

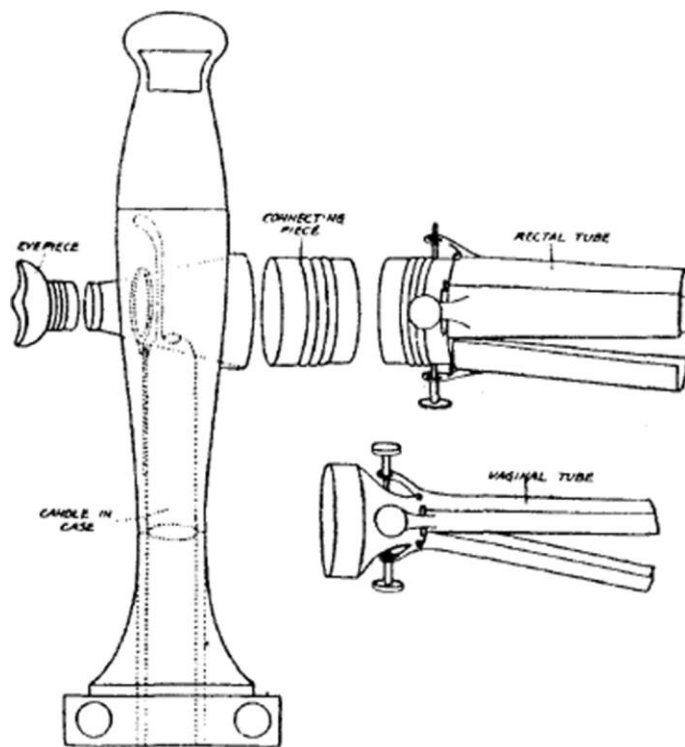
A invenção do espéculo nasal é considerada o primeiro passo no sentido de melhorar a visualização da cavidade nasal; inicialmente feitos de ferro ou chumbo, eram utilizados em cauterizações, na administração de medicação ou na proteção das estruturas intranasais.¹⁴

Por volta do ano 600 a.C., *Sushruta Samhita* realiza o primeiro exame intranasal descrito, servindo-se de um espéculo nasal para remoção de pólipos nasais. Já *Hipócrates*, dois séculos depois, utilizou-o na cauterização de doentes com epistáxis.¹³

Um dos maiores desafios na visualização das estruturas nasais e peri-nasais foi a iluminação. Por volta do ano de 1585, *Aranzi* descreveu pela primeira vez a utilização de uma fonte de luz, neste caso a projeção de luz solar num frasco com água, para melhorar a observação da cavidade nasal.¹⁵ A introdução de um instrumento projetado para iluminar as cavidades do corpo humano data 1805, quando *Bozzini* criou um espelho côncavo, colocado atrás de uma câmara iluminada por uma vela, que projetava então a luz através de um tubo de alumínio. Esse aparelho ficaria conhecido como “*Lichtleiter*” (**Fig. 1A**) ou “condutor de luz” e, conforme a dimensão dos tubos de alumínio, foi usado no exame da uretra, esófago, reto e nariz.¹⁶ Mais tarde, em 1841, *Hoffmann* apresentou aquele que seria considerado por muitos como um dos instrumentos que mais revolucionou a inspeção da cavidade nasal anterior, um espelho côncavo com um orifício central fixado à cabeça, óculos ou entre os dentes do cirurgião, que refletia a luz solar ou de uma vela.^{13, 17, 18, 19}

O “endoscópio” (**Fig. 1B**) nasceu pelas mãos do urologista *Desormeaux* que, desenvolvendo o *Lichtleiter* de *Bozzini*, criou, em 1853, um dispositivo que usava uma lâmpada de álcool e terebintina para fornecer iluminação contínua, e uma lente acoplada que permitia focalizar e intensificar o feixe de luz. Este foi usado inicialmente para avaliar a uretra e bexiga, no entanto, devido à iluminação insuficiente, não teve a aceitação desejada.^{15, 20, 21}

A)



B)

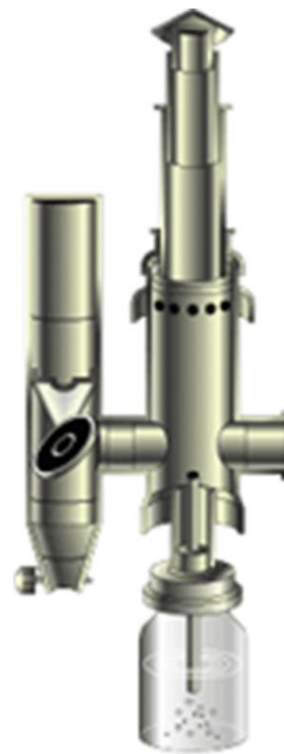


Fig. 1. (A) – *Lichtleiter* criado por *Bozzini*.²² **(B)** – “Endoscópio” de Antoine Jean *Desormeaux*.⁴¹

Em 1859, *Czermak* introduziu o conceito “rinoscopia”, ao criar um instrumento constituído por um espelho acoplado a um suporte que permitiu o estudo da cavidade nasal posterior. No mesmo ano, *Markusovsky* introduziu algumas alterações no espéculo que existia até então, e deu-lhe a aparência dos dias de hoje.^{17, 23} O espéculo nasal de *Markusovsky* e o espelho de *Czermak* vieram estimular o interesse no exame intranasal e marcaram o início da rinoscopia moderna.²²

A iluminação voltou a receber um estímulo quando *Cristoforis* decidiu, em 1868, fixar uma lâmpada a gás ao espelho. Contudo, foi após a invenção da lâmpada incandescente por *Thomas Edison*, em 1879, que a iluminação sofreu uma revolução, com a subsequente criação, por parte de *Alfred Kirstein*, no final do século XIX, da primeira fonte de iluminação frontal elétrica e a sua integração no endoscópio por parte do urologista *Nitze*, sendo este último também responsável pelas primeiras imagens endoscópicas ampliadas e fotografadas.^{21, 24, 25} *Conrad Clar* veio, mais tarde, possibilitar a visão estereoscópica ao incluir dois orifícios laterais no aparelho.²⁶

O final do século XIX ficaria marcado por uma evolução das técnicas de visualização e vias de abordagem aos seios peri-nasais. *Mikulicz-Radecki* foi o primeiro a recorrer a uma antrostomia meatal inferior como meio de acesso ao seio maxilar, em 1886.¹² *George Caldwell*, seguindo as influências e o objetivo de *Mikulicz-Radecki*, descreveu em 1893 o mesmo procedimento, mas através da fossa canina.²⁷ Alguns anos mais tarde, em 1897, *Henri Luc* descreve um método cirúrgico semelhante ao de *Caldwell*, dando origem ao procedimento “*Caldwell-Luc*”, uma via de acesso ao seio maxilar.^{12, 28} Já em 1899, *Siebenmann* recorre a uma antrostomia meatal inferior com vista à criação de uma abertura naso-antral acessível para a irrigação da cavidade antral. Para o mesmo efeito, *Dahmer* viria a criar, em 1909, na mesma uma antrostomia meatal inferior, mas desta vez através da ressecção da extremidade anterior do corneto inferior. Em 1921, *McKenzie* descreve uma combinação destas duas antrostomias.²⁹

O início da cirurgia endoscópica nasal e dos seios peri-nasais não pode ser atribuída a uma data específica ou a uma pessoa em concreto. Começou com o diagnóstico endoscópico que podia ser combinado com a remoção de tecidos para histologia. A partir deste passo, o tratamento cirúrgico endoscópico da doença dos seios peri-nasais foi lentamente emergindo.²⁸ Apesar disso, a primeira tentativa de realizar um procedimento endoscópico nasal é, quase de forma unânime, creditada a *Hirschman* que, em 1901, recorreu a um cistoscópio modificado para examinar o seio maxilar.³⁰ Um ano depois, *Reichert* descreveu uma manipulação rudimentar do seio maxilar utilizando um endoscópio de 7 mm através de fístulas oro-antrais, o que viria a ser considerado por muitos a primeira cirurgia endoscópica dos seios peri-nasais.³¹ Rapidamente, *Reichert*, *Valentin*, *Sargnon*, entre outros, estenderam a sua utilização para a realização de procedimentos mínimos, tais como cauterizações, excisão de quistos, irrigação, remoção de corpos estranhos ou encerramento de fístulas oro-antrais. Pequenos fórceps foram então integrados nos endoscópios por *Draf*, em 1903, permitindo a excisão de amostras para biópsia, nomeadamente quistos.²⁸

No que diz respeito às etmoidectomias, só em 1913 foi publicada a primeira abordagem intranasal, levada a cabo por *Mosher*, sendo pouco depois abandonada por questões de falta de segurança, sendo substituída pela abordagem externa de *Lynch*, publicada em 1921, e que permaneceu nos 40 anos seguintes a abordagem de etmoidectomia de eleição.^{27, 29, 32, 33,}

No ano de 1922, *Spielberg* publica o seu trabalho de visualização do seio maxilar a partir do meato inferior, utilizando um nasofaringoscópio (descrito por *Holmes*), para inspeção da cavidade antral e designou o procedimento de “antroposcopia”, utilizando-o antes de antrostomias radicais ou tratamentos conservadores com irrigação.²⁸ Já o termo “sinuscopia” nasceu em 1925, altura em que *Maltz* promoveu o uso da endoscopia para avaliação diagnóstica da cavidade naso-sinusal, fazendo-se valer de um “sinuscópio”, um aparelho semelhante ao cistoscópio, mas de menor calibre e com uma ótica melhorada.³⁴ Apesar dos avanços técnicos, não houve uma ampla receção e foram considerados inviáveis e com pouco valor diagnóstico até ao final da II Guerra Mundial.^{22, 27}

Em 1954, *Hopkins* e *Kapany* descreveram a utilização de fibras de sílica flexíveis na transmissão de imagens, reduzindo o grau de perda de luz e de degradação da imagem.^{35, 36} No entanto, esta não seria a contribuição mais notável de *Hopkins*. De facto, as décadas de 50 e 60 ficariam marcadas pelo desenvolvimento do sistema de haste com lentes cilíndricas de *Hopkins* (**Fig. 2**), um dos maiores passos no campo da endoscopia naso-sinusal e da cirurgia minimamente invasiva moderna.³⁷ *Harold Hopkins* era um professor de física britânico no *Imperial College* em Londres que, para além da invenção do zoom para as lentes das câmaras e os gastroscópios de fibra ótica, desenvolveu o sistema de haste com lentes cilíndricas, resultando em maior luminosidade e qualidade ótica dos endoscópios, com maior contraste e noção de profundidade.³⁸ *Hopkins* apresenta então o sistema de haste e as fibras de sílica flexíveis ao fabricante alemão *Karl Storz* (1965), sendo estes integrados na nova geração de endoscópios.³⁹ Assim, uma melhor qualidade de imagem (a intensidade de iluminação foi aumentada até seis vezes e o campo de visão até três vezes) aliada a uma maior disponibilidade de endoscópios angulares vieram permitir uma visualização da anatomia nasal e dos seios peri-nasais sem precedentes.^{28, 40}

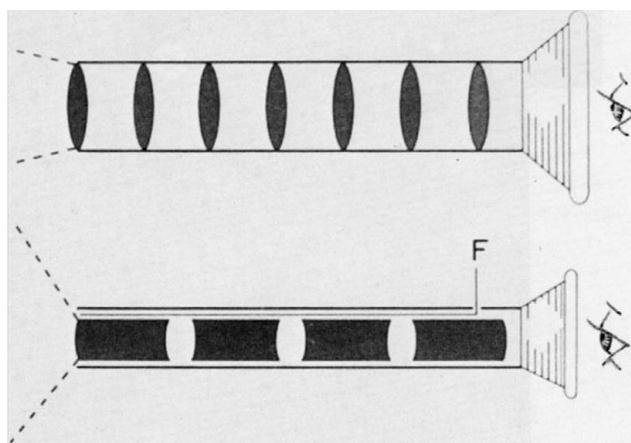


Fig.2. Esquema do sistema de haste de *Hopkins* (inferior) comparado com o endoscópio tradicional contendo lente intercalada com ar (superior). **F**, campo de visão.⁴¹

O microscópio binocular, introduzido na cirurgia nasal por *Heemann*, foi outro avanço importante na visualização em procedimentos nesse âmbito, contudo, e apesar da ampliação e iluminação melhoradas facilitarem procedimentos como a etmoidectomia intranasal, não se tornou popular devido a limitações como a necessidade de uma grande abertura nasal e de uma linha direta de visão das estruturas manipuladas.²⁷

Com as inovações ao nível da instrumentação e da imagem, a endoscopia foi chegando progressivamente a locais de maior dificuldade de acesso. Por exemplo, em 1975 *Draf* estendeu a endoscopia aos seios frontal e esfenoidal.²⁸ Anos depois, em 1978, viriam a ser publicados, pela primeira vez, os princípios da cirurgia endoscópica dos seios peri-nasais pelo Professor *Messerklinger* e por *Stammberger*.⁹ Nos anos 80 foi descrita por *Draf* e *Wigand* a primeira abordagem endoscópica nasal à base do crânio.³⁷ Só em 1985 foi introduzido o conceito de Cirurgia Endoscópica Funcional dos Seios Peri-nasais (*FESS*), por *Kennedy*, com a realização do primeiro curso cirúrgico endoscópico no Centro Médico *Johns Hopkins*, no mesmo ano. Seguiu-se a publicação de documentos de referência delineando a teoria, a avaliação diagnóstica e técnica da *FESS* e experiência em animais subsequentes que vieram demonstrar a validade do conceito.^{42, 43}

DESENVOLVIMENTO DA INSTRUMENTAÇÃO

Após o advento do sistema de haste de *Hopkins*, o principal passo evolutivo seguinte na cirurgia endoscópica nasal e dos seios peri-nasais foi o desenvolvimento de instrumentação.³⁷

Inicialmente, era pouca a consideração pela preservação da mucosa. Das intervenções cirúrgicas, realizadas com o recurso a pinças essencialmente, resultava normalmente excesso de osso exposto, mucosa danificada e, consequentemente, maior cicatrização, inflamação e dor crónicas, osteoneogénese e de mucocelos, ocasionalmente.⁴⁴ Assim, tornou-se necessário o desenvolvimento de instrumentos de corte fino, com reduzido trauma da mucosa.⁴⁵ Apesar de representarem uma melhoria evidente relativamente às pinças tradicionais, estes acabavam por rasgar ocasionalmente a mucosa, e o desenvolvimento de instrumentos de corte desenhados especificamente para cirurgia naso-sinusal veio colmatar esta lacuna.⁴² Dois exemplos de práticas que foram revolucionadas pelo conceito da preservação da mucosa e pelos instrumentos de corte fino foram a esfenoidotomia e a disseção do recesso frontal. Em relação à esfenoidotomia, inicialmente a abordagem era feita através da fratura da parede anterior do seio esfenoidal, um procedimento com potencial remoção da mucosa adjacente e lesão da artéria carótida ou de outras estruturas intracranianas. Assim, a introdução destes novos instrumentos veio permitir um alargamento da abertura natural do seio esfenoidal sob visão direta, através da remoção do terço inferior do corneto superior, aumentando assim a segurança do procedimento.³⁷ Por outro lado, a disseção do recesso frontal foi outro procedimento que veio beneficiar desta nova instrumentação, uma vez que, devido ao contexto anatómico, a remoção da mucosa resultava frequentemente em estenose, osteoneogénese e mucocelo. Foi então possível a disseção completa do recesso, com remoção total das células obstruídas e componente óssea do recesso frontal, mas com preservação da mucosa.⁴⁶

O *microdebrider*, desenvolvido com vista à criação de um instrumento de corte contínuo e originalmente desenhada para a área de Ortopedia com vista à remoção de cartilagem durante a artroscopia das pequenas articulações, foi introduzida na cirurgia intranasal pelas mãos de *Setliff e Parsons*.^{47,48} As versões iniciais de *microdebridors* eram lentas e acabavam frequentemente obstruídas pelo material removido, contudo as versões mais recentes vieram proporcionar uma melhoria evidente na capacidade de corte da

lâmina, sucção e velocidade, com alterações também ao nível do tamanho e da angulação, o que permitiu a remoção de tecidos de forma não-traumática e com preservação da mucosa. Duas características importantes do *microdebrider* eram: o uso de lâminas descartáveis (possibilitando a manutenção de um corte consistentemente afiado, de forma a minimizar o risco de remoção de mucosa) e a sucção simultânea ao corte (permitindo uma excelente qualidade de visão, mesmo na presença de sangramento por exemplo). De facto, esta última, veio minimizar de forma significativa a probabilidade de trauma de estruturas importantes, tais como a lâmina papirácea, ao garantir que o campo era sempre visualizado. A principal desvantagem deste aparelho era a falta de *feedback* tátil que, aliado à velocidade de remoção de tecido, criou potencial para complicações orbitais e intracranianas.⁴⁹ Também a elevada taxa de recorrência, devido a disseções imperfeitas em zonas mais estreitas, nomeadamente nos cornetos e etmóide, constituiu um ponto negativo desta técnica.²⁸ O impacto do *microdebrider* na rinologia foi de tal ordem, que muitos autores a consideraram um dos quatro avanços tecnológicos mais significativos na especialidade.⁵⁰

Outro avanço na instrumentação motorizada foi o desenvolvimento do sistema de irrigação-sucção. As brocas dotadas deste sistema eram significativamente mais lentas que as tradicionais, no entanto vieram fornecer uma visualização e segurança superiores, além de serem constituídos por eixos curvos, uma clara vantagem em termos de manuseamento relativamente aos tradicionais. Este sistema veio permitir a remoção de osso inflamado na sinusite crónica, sobretudo em procedimentos extensos do seio frontal, que, de outra forma, não podia ser removido com recurso a fórceps ou ao *microdebrider*. Contudo, foi ao nível da ressecção de tumores intranasais que o sistema mostrou maior utilidade, nomeadamente neoplasias ósseas, fibro-ósseas e tumores de tecidos moles. Dispositivos mais estreitos e de maior velocidade vieram, mais tarde, permitir uma osteotomia eficiente da base do crânio para entrada na fossa craniana anterior e remoção de tumores intracranianos.³⁷

O desenvolvimento dos telescópios veio oferecer uma variedade de ângulos, possibilitando o acesso a áreas de difícil visualização, tais como o seio frontal. De facto, este desenvolvimento foi responsável por uma redução significativa da taxa de recorrência de patologia sinusal, bem como da necessidade de revisão da mesma.⁵¹ Inicialmente, os endoscópios utilizados mais frequentemente utilizados na cirurgia endoscópica nasal apresentavam um comprimento de 18 cm, diâmetro de 4 mm e ângulos

de 0°, 30° e 70°, sendo que havia ainda endoscópios de 2,7 mm, reservados para os casos pediátricos. Mais tarde, foram introduzidos os telescópios de 45°, que vieram substituir os de 30° e de 70° em muitos procedimentos, visto que aliava um ângulo de visão significativo à manutenção da visão frontal, além do melhor sistema de iluminação que apresentava. Também o telescópio de 2,7 mm passou a ser mais utilizado nos consultórios, devido ao melhor conforto que proporcionava aos doentes. Endoscópios de ângulo múltiplo, com uma variedade de angulação entre 10° e 90° integrada num único dispositivo, foram então desenvolvidos, acabando com a necessidade de alterar endoscópios durante um procedimento.³⁷

Sendo a visualização um constante desafio na cirurgia endoscópica dos seios perinasais, as melhorias a este nível vieram trazer segurança às abordagens desta região. *Shapshay* e *Rebeiz* desenvolveram o *Endo-scrub* (**Fig. 3**), um dispositivo de irrigação endoscópica que visa a limpeza da extremidade do endoscópio.⁵² Nesta altura, os lasers de hólmio começaram a ser utilizados na cirurgia endoscópica peri-nasal, os quais provocavam normalmente hemorragia que acabava por salpicar para a lente do telescópio e perturbar a visualização do campo. Desta forma, o *Endo-scrub*, uma pequena seringa na ponta do endoscópio, anexada a uma bomba, veio garantir a limpeza constante da lente durante o procedimento, sem a necessidade de retirar o endoscópio da cavidade nasal para limpeza manual. Posteriormente, o sistema foi modificado, passando a ser designado de Bomba *Endo-scrub* e *Endosheath*, garantindo uma maior longevidade da ação de limpeza, permitindo procedimentos mais extensos.⁵³



Fig. 3. Medtronic Endo-Scrub 2.⁴¹

Em 2005, foi introduzida a Tecnologia de Dilatação com Balão ou Sinoplastia com balão, que constituiu um passo importante na abordagem minimamente invasiva da patologia naso-sinusal.⁴⁸ Este sistema, baseado na dilatação dos *ostia* dos seios perinasais por cateter, demonstrou ser seguro e eficaz em diversos estudos (nomeadamente o

estudo *CLEAR* de *Bolger et al.*), contudo as indicações para a sua utilização permanecem controversas.^{54, 55}

Quanto à imagem, a iluminação do campo cirúrgico e a produção de imagens de qualidade, e posterior visualização num monitor, foram contantes desafios na cirurgia endoscópica nasal e dos seios peri-nasais.

No que diz respeito à fonte de luz dos endoscópios, não foi até 1879 que *Nitze*, utilizando a invenção da lâmpada incandescente por *Edison*, introduziu a eletricidade como fonte luminosa na endoscopia.⁵⁶ A evolução na utilização de fontes de luz a halogénio para outras a xénon foi um processo natural, sendo que este último apresentava maior durabilidade, cerca do triplo da produção de luz, com menor consumo de energia e com menor geração de calor, sem a tonalidade amarela associada a imagens brancas que o halogénio provocava. A luz é então transmitida ao longo do endoscópio através de um cabo de fibra ótica, ligado à fonte de luz de xénon.³⁹

A videoendoscopia, introduzida em 1984 pela *Welch Allyn Inc.*, foi outro grande avanço tecnológico. Uma pequena câmara, equipada com um *chip CCD* (dispositivo acoplado a carga), colocada na extremidade distal do instrumento e que era responsável pela captura e focagem de imagens que eram depois convertidas em sinal digital e processadas, para serem posteriormente exibidas num monitor.⁵⁷ Esta técnica mostrou ser segura e mais confortável da perspectiva do cirurgião, em comparação com a visualização direta.⁵⁸

A qualidade de imagem depende, no entanto, da qualidade da câmara utilizada. Inicialmente eram usadas câmaras de *chip* único de silício, que era responsável por processar todas as cores presentes no campo cirúrgico. Foram então desenvolvidas posteriormente câmaras dotadas de três *chips*, em que cada um processa uma das três cores primárias (vermelho, amarelo e azul), melhorando assim significativamente a qualidade de imagem ao utilizar algoritmos de aperfeiçoamento da imagem, com regulação automática do brilho e contraste, minimização da reflexão e sobreexposição, o que veio permitir a extensão da cirurgia endoscópica à base do crânio e cavidade intracraniana.³⁷ Também o sistema de digitalização das câmaras sofreu alterações, passando de um sistema de entrelaçamento (*interlacing scanning system*) para um de varredura (*progressive scanning*), o que se traduziu numa melhoria quer a nível da resolução quer a nível da cintilação de imagem.³⁹

A introdução de monitores veio melhorar a comunicação entre a equipa cirúrgica, aumentou a consciencialização da mesma para o procedimento, facilitou a captura de imagem/vídeo e veio desempenhar um papel importante na educação e formação.⁵⁹ Entretanto, com o advento da tecnologia de alta definição (*HD, High definition*), e mais recentemente, a tecnologia *4K*, as câmaras passaram a produzir imagens de excelente qualidade. Porém, a qualidade da imagem produzida está dependente da resolução do monitor onde esta é exibida, portanto de nada serviria evoluir a qualidade das câmaras se não se melhorasse a resolução dos monitores. Os monitores modernos *HD*, com maior resolução e densidade de pixéis, e com taxas de atualização aprimoradas, vieram trazer melhorias ao nível da acuidade visual, cor, contraste, visualização do campo cirúrgico, cintilação e fadiga ocular.³⁷ Múltiplos estudos demonstraram vantagens técnicas e diagnósticas na utilização de monitores *HD*, principalmente em procedimentos que exigiam uma visualização com elevado nível de detalhe.^{60, 61}

RADIOLOGIA E FESS

A tecnologia moderna de imagem, como a Tomografia Computorizada (TC) e a Ressonância Magnética (RM), revolucionaram nos anos 80 a seleção para rinocirurgia bem como a segurança e o sucesso dos procedimentos endoscópicos.²⁸

Por um lado, a TC oferece informação detalhada sobre a anatomia e extensão da doença naso-sinusal, tendo auxiliado a compreensão de muitas patologias e constituído um impulso para o desenvolvimento do conceito de *FESS*.⁶² O desenvolvimento subsequente de imagens de TC de alta resolução veio facilitar a avaliação precisa da gravidade da doença e um maior detalhe anatómico, essenciais ao planeamento da cirurgia e cuidados pré- e intraoperatórios. Alguns exemplos de informações fornecidas pela TC de alta resolução incluem a presença de erosão da base do crânio e sua extensão, a inclinação e integridade da parede superior do etmóide, a posição das artérias etmoidais anteriores, a integridade da parede orbitária interna, a existência de variantes anatómicas (nomeadamente as células de *Onodi* e as de *Haller*) e a pneumatização do seio esfenoidal.⁶³ Contudo, um dos avanços mais significativos foi a capacidade de detalhar a anatomia do recesso frontal e a via de drenagem do seio frontal, utilizando imagens triplanares, e assim reduzir drasticamente o trauma do recesso frontal. Entretanto, o desenvolvimento de *scanners* passíveis de serem incluídos no consultório, permitem

obter imagens de TC de alta resolução em minutos, usando uma baixa dose de radiação e com um custo relativamente reduzido.⁴⁴ Por todas estas razões, este método de imagem é considerado o *goldstandard* na avaliação nasal e dos seios peri-nasais.⁶⁰

Por outro lado, a RM apresenta um papel suplementar ao da TC, fornecendo informações a cerca dos tecidos moles, aperfeiçoando a delineação da interface intracraniana e tornando-se essencial na avaliação de tumores e malformações sino-nasais, incluindo diversos tumores benignos, gliomas nasais, meningocelo e meningoencefalocelo.³⁷ A utilização da RM é recomendada quando se deteta uma área opacificada junto de uma erosão da base do crânio.⁴⁴

A cirurgia nasal endoscópica orientada por imagem computadorizada, um dos avanços mais recentes nesta categoria, veio melhorar o planeamento cirúrgico e a tomada de decisões intraoperatória, ao fazer uso de TC ou RM para criar imagens triplanares que definam o itinerário operatório.³⁷ As primeiras tentativas de tecnologia guiada por imagem computadorizada na *FESS* datam a década de 80, pelas mãos de *Zinreich*.⁶⁴ Os primeiros dispositivos eletromagnéticos, desenvolvidos pelo grupo *Aachen* e *ISG Technologies*, eram, no entanto, extremamente imprecisos e facilmente distorcidos por campos magnéticos mínimos, nomeadamente preenchimentos dentários e marquesas operatórias, de difícil configuração e manipulação, exigindo a fixação da cabeça.⁶² Já os sistemas modernos, pelo contrário, apresentam uma alta precisão, com uma margem de 2 mm, oferecendo uma navegação segura, mesmo em casos cirúrgicos complexos como distorções anatómicas.⁷ Para além disso, os sistemas atuais são menos intrusivos, apresentam um registo mais rápido e uma gama mais ampla de instrumentação (nomeadamente sondas maleáveis que permitem confirmar a via de drenagem do seio frontal antes do procedimento cirúrgico) e permitem a fusão de imagens de TC e de RM, fornecendo um maior detalhe ósseo e uma visualização melhorada dos tecidos moles, particularmente na cirurgia de tumores da base do crânio. Uma das maiores vantagens desta tecnologia, é o facto de percorrer repetidamente as imagens em três planos distintos, o que possibilita ao cirurgião proceder ao mapeamento anatómico tridimensional de áreas complexas ou de difícil acesso, e assim formular um plano cirúrgico antes do procedimento. Além disso, é um mecanismo de aprendizagem para alunos ou outros cirurgiões e é compatível com sistemas robóticos, que serão o futuro da *FESS*.⁶⁵ Contudo, e apesar das melhorias significativas, estes não são infalíveis e nem sempre apresentam o nível de precisão desejado, principalmente quando o doente se movimenta durante o

procedimento. Dormência peri-auricular e paralisia facial foram alguns dos efeitos adversos decorrentes da utilização destes dispositivos relatados pelos doentes. Neste momento, apesar da falta de evidência que suporte a capacidade da orientação por imagem computadorizada reduzir a incidência de complicações, é considerada claramente útil em casos selecionados com alteração significativa da mucosa ou da anatomia, cirurgias extensas e de revisão, situações de proximidade com estruturas críticas e situações particulares, tais como a disseção do recesso frontal e remoção de tumores fibro-ósseos. A *American Academy of Otolaryngology – Head and Neck Surgery (AAO-HNS)* publicou recentemente recomendações relativas às indicações para cirurgia endoscópica nasal e dos seios peri-nasais guiada por imagem.⁶⁶

PERSPETIVAS FUTURAS

TECNOLOGIA 3D

Um desafio constante na cirurgia endoscópica nasal foi a falta de profundidade das imagens produzidas pelo endoscópio, parcialmente ultrapassada com o aumento progressivo da mobilidade e flexibilidade do endoscópio, que permitia ver as mesmas regiões de diferentes perspetivas.

Embora o interesse pela tecnologia tridimensional tenha crescido nas últimas décadas e já várias empresas tenham introduzido endoscópios *3D*, esta tecnologia ainda não foi amplamente adotada. Isto porque os dados que comparam resultados de procedimentos com recurso a endoscópios bidimensionais vs tridimensionais são insuficientes. Se, por um lado, existem estudos que relatam uma perceção de profundidade aperfeiçoada e uma maior precisão cirúrgica utilizando a tecnologia *3D*, outros não encontram vantagens nesta tecnologia face à *2D*, nomeadamente um estudo retrospectivo de *Kari et al.* que comparou resultados peri-operatórios em 58 doentes que realizaram cirurgia da hipófise com endoscópios *2D* e *3D*, concluindo que não houve diferença significativa relativamente ao tempo cirúrgico, complicações intraoperatórias, tempo de internamento e taxa de readmissão hospitalar.^{67, 68} Para além disso, relatos de tonturas e dores de cabeça com o uso prolongado por parte do operador, a questão do custo elevado, o maior peso dos endoscópios, a necessidade de utilização de óculos específicos e de substituição do aparelho ao fim de um determinado número de

procedimentos e a longa curva de aprendizagem são alguns dos fatores que contribuem para que a tecnologia *3D* ainda não tenha alcançado a aceitação e divulgação no panorama cirúrgico. Recentemente, foram desenvolvidos *chips 3D* que, colocados na extremidade distal do endoscópio, permitem gerar imagens tridimensionais.⁶⁹ Foi ainda introduzido um novo endoscópio que simula um “olho de inseto”, que gera múltiplas imagens através de uma série de lentes posicionadas sobre um único *chip* distal, oferecendo ao cirurgião a visão estereoscópica que a tecnologia bidimensional não possibilita, tendo estes de utilizar uns óculos de fraca polarização para o efeito.⁷⁰

SISTEMAS ROBÓTICOS

Os sistemas robóticos representam potencialmente o próximo passo da evolução da *FESS*, com capacidade de auxiliar o cirurgião ou realizar eles próprios o procedimento cirúrgico. Algumas das vantagens destes sistemas são o aumento da destreza e precisão na execução dos procedimentos, sem tremor associado. Para além disso, o fato de devolver ao cirurgião a manipulação bimanual, sem a necessidade de ocupar uma das mãos com o endoscópio, bem como tornar ergonómico o campo de trabalho, geralmente pequeno para o trabalho conjunto de um otorrinolaringologista e um neurocirurgião, vieram despertar o interesse em desenvolver um suporte endoscópico robótico, controlado através do pé, capaz de facilitar e reduzir o tempo da operação (**Fig. 4**).⁷¹

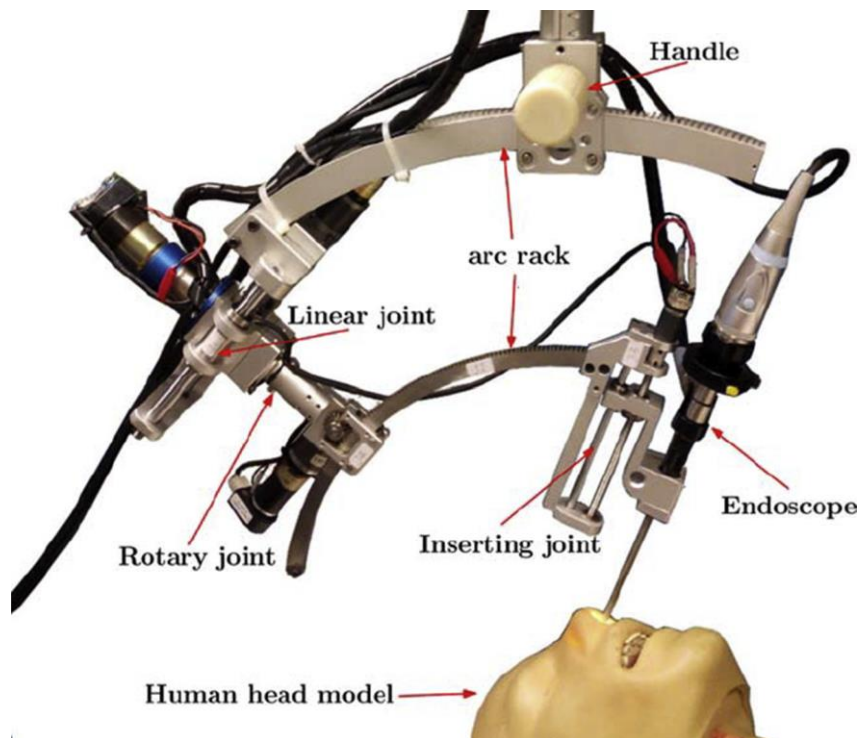


Fig. 4. Braço robótico de suporte do endoscópio.⁷⁰

Os estudos realizados com vista à sua utilização na cirurgia endonasal apresentaram resultados controversos, com alguns entraves à sua inclusão nos procedimentos cirúrgicos intranasais, nomeadamente as dimensões dos aparelhos, a quantidade e a dificuldade na substituição dos instrumentos utilizados, e a escassez de *feedback* tátil.⁷² Na tentativa de superar alguns destes obstáculos, foram desenvolvidos protótipos que trabalham de forma autónoma, dotados de comando através da voz, possibilitando ao cirurgião operar com ambas as mãos, utilizando os instrumentos tradicionais.⁷³ Um sistema robótico endoscópico de curvatura ativa foi já desenvolvido, oferecendo ângulos de visão até 180°, o que é particularmente importante num local como o nariz, com um único e estreito orifício de entrada. *Schneider* desenvolveu um sistema robótico flexível e contínuo, com canais integrados destinados à utilização simultânea do telescópio e instrumentação cirúrgica.⁷⁰

SISTEMA DE NAVEGAÇÃO DE REALIDADE AUMENTADA

O desenvolvimento da cirurgia nasal endoscópica orientada por imagem está a conhecer um novo e importante rumo, com a exploração da tecnologia da realidade aumentada (AR). Os sistemas de navegação convencionais fazem uso de imagens

triplanares, exibidas numa tela adicional onde o campo cirúrgico é então visualizado. Contudo, estes apresentam algumas dificuldades, nomeadamente a correlação entre a anatomia das imagens endoscópicas e a das triplanares, e o facto de o cirurgião ter de desviar o olhar da cirurgia para conseguir visualizar as imagens de TC.⁷⁴

O desenvolvimento de um sistema de navegação de realidade aumentada veio tentar ultrapassar tais condicionantes, ao fundir as imagens endoscópicas e um fundo reconstruído em *3D*, ou seja, imagens intraoperatórias e pré-operatórias, exibidas em tela única, permitindo assim uma visão estereoscópica. Em última instância, estes poderão tornar as cirurgias mais seguras e auxiliar na formação dos cirurgiões.^{75, 76}

CONCLUSÃO

Desde a década de 50, com a introdução do endoscópio na cirurgia nasal e dos seios peri-nasais, mas principalmente nos últimos 30 anos, com o aparecimento do conceito de *FESS*, assistiu-se a uma evolução progressiva de técnicas cirúrgicas radicais focadas na remoção da mucosa, fazendo uso de instrumentos rudimentares, para procedimentos endoscópicos funcionais, com preocupação pela preservação da mucosa, que visam o diagnóstico e cirurgia minimamente invasivos, recorrendo a instrumentos de última geração, tecnologia *HD* e cirurgia orientada por imagem computadorizada. De facto, estas inovações técnicas vieram transformar a abordagem às patologias naso-sinusais, à medida que as aplicações da cirurgia endoscópica nasal e peri-nasal se foram expandindo, desde patologias de natureza essencialmente inflamatória e confinadas à cavidade nasal e seios peri-nasais, até tumores naso-sinusais, patologias da base do crânio e da cavidade orbitária. A partir da década de 80, procedimentos como a ressecção de tumores pituitários, descompressão orbitária e correção de defeitos da base do crânio e de fístulas de líquido cefalorraquidiano (LCR) por exemplo, sofreram uma revolução com a introdução do endoscópio e diversos estudos foram publicados, nos quais o sucesso desta nova abordagem e a redução da taxa de complicações, nomeadamente anosmia, hemorragia intracraniana, edema, convulsões, e alterações da memória ou comportamento, foram demonstrados. Com um leque de indicações da cirurgia endoscópica cada vez mais extenso, nomeadamente a relativamente recente inclusão dos meningiomas, craniofaringiomas e cordomas, o futuro é promissor e aliciante, à medida que a tecnologia e a compreensão da respetiva fisiopatologia avançam.

Contudo, a falta de estudos comparativos de qualidade e medidas de resultados objetivas limitam a avaliação rigorosa do progresso da cirurgia endoscópica nasal. Estudos adicionais deverão ser feitos no sentido de delinear indicações, apurar vantagens ou limitações dos procedimentos, aperfeiçoar a seleção de doentes e determinar custos inerentes a tecnologia *3D*, imagens intraoperatórias e sistemas robóticos.

À medida que a tecnologia disponível evolui, novas fronteiras vão sendo alcançadas. Um exemplo é a identificação de tumores e avaliação da margem na sua ressecção, para a qual está a ser desenvolvida uma tecnologia de imagem intraoperatória com fluorescência próxima do infravermelho, a qual, nos primeiros ensaios experimentais, fez uso de um marcador radioativo, aprovado pela *FDA*, que se acumula

nos tumores. O sucesso dessa delimitação tumoral foi demonstrado em dados preliminares.

Assim, é inegável o potencial de crescimento e de evolução da cirurgia endoscópica no âmbito da cirurgia nasal e dos seios peri-nasais, e o futuro mostra-se deveras promissor.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais, a quem devo a educação, a formação e os valores, pelo apoio constante, pelo amor incondicional, pelas “asas” de que necessitava para alcançar o meu sonho, e pelo exemplo que são na minha vida.

Em seguida, gostaria de agradecer à minha família, aos meus amigos, a todos os colegas, docentes e funcionários da FMUL, que tornaram inesquecível esta caminhada de 6 anos.

Por último, mas não menos importante, agradeço ao Professor Óscar Dias, que muito dignifica não só a instituição Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa, como todo o Ensino e a missão de um Professor. Pelo apoio incansável, pelos conselhos, pela dedicação e devoção aos seus alunos, um sincero obrigado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ¹ Dicionário Infopédia da Língua Portuguesa. (n.d.). Retrieved November 26, 2017, from <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/endoscopia>
- ² Endoscope. (n.d.) *Miller-Keane Encyclopedia and Dictionary of Medicine, Nursing, and Allied Health, Seventh Edition*. (2003). Retrieved November 26 2017 from <https://medical-dictionary.thefreedictionary.com/Endoscope>
- ³ Schaefer, S. D. (1998). An anatomic approach to endoscopic intranasal ethmoidectomy. *The Laryngoscope*, 108(11), 1628-1634
- ⁴ Messerklinger, W. (1994). Background and evolution of endoscopic sinus surgery. *Ear, nose, & throat journal*, 73(7), 449.
- ⁵ Moriyama, H., Yanagi, K., Ohtori, N., Asai, K., & Fukami, M. (1996). Healing process of sinus mucosa after endoscopic sinus surgery. *American Journal of Rhinology*, 10(2), 61-66
- ⁶ Welch, K. C., & Stankiewicz, J. A. (2010). Application of minimally invasive endoscopic sinus surgery techniques. *Otolaryngologic clinics of North America*, 43(3), 565-578
- ⁷ Wise, S. K., & DelGaudio, J. M. (2005). Computer-aided surgery of the paranasal sinuses and skull base. *Expert review of medical devices*, 2(4), 395-408
- ⁸ Fokkens, W., Lund, V., Bachert, C., Clement, P., Hellings, P., Holmstrom, M., ... & Malmberg, H. (2005). European position paper on rhinosinusitis and nasal polyps. *Rhinology*, (suppl. 18), 1-87
- ⁹ Messerklinger W. Endoscopy of the Nose. Baltimore, Maryland: Urban & Schwarzenberg; 1978.
- ¹⁰ Slack, R., & Bates, G. (1998). Functional endoscopic sinus surgery. *American family physician*, 58, 707-720.
- ¹¹ Dalziel, K., Stein, K., Round, A., Garside, R., & Royle, P. (2003). Systematic review of endoscopic sinus surgery for nasal polyps
- ¹² Júnior, J. F. N., Hermann, D. R., dos ReisAmérico, R., Barauna Filho, I. S., Stamm, A. E. C., & Pignatari, S. S. N. (2007). A brief history of otorhinolaryngology: otology, laryngology and rhinology. *Brazilian journal of otorhinolaryngology*, 73(5), 693-703
- ¹³ Kaluskar, S. K. (2008). Evolution of rhinology. *Indian Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery*, 60(2), 101-105
- ¹⁴ Pirsig, W. (1990). History of rhinology: nasal specula around the turn of the 19th-20th century. *Rhinology*, 28(2), 113-122
- ¹⁵ Saxena, A. K., & Höllwarth, M. E. (Eds.). (2008). *Essentials of pediatric endoscopic surgery*. Springer Science & Business Media.
- ¹⁶ Lamaro, V. P. (2004). Gynaecological endoscopic surgery—past, present and future. *St. Vincents Clinic, Proceedings*, 12(1), 23-9.
- ¹⁷ Baber, E. C. (1899). Thirty Years' Progress in Rhinology. *The Journal of Laryngology & Otology*, 14(9), 465-468.
- ¹⁸ Hannan, S. A. (2003). The instrument that determined my practice. *BMJ: British Medical Journal*, 326(7392), 747
- ¹⁹ Bosworth, F. H. (1896). *A Text-book of Diseases of the Nose and Throat*. W. Wood.
- ²⁰ Marsh, B. R. (1996). Historic development of bronchoesophagology. *Otolaryngology—Head and Neck Surgery*, 114(6), 689-716
- ²¹ Hirsch, N. P., Smith, G. B., & Hirsch, P. O. (1986). Alfred Kirstein. *Anaesthesia*, 41(1), 42-45
- ²² Moore, I. (1926). Peroral endoscopy: an historical survey from its origin to the present day. *The Journal of Laryngology & Otology*, 41(6), 361-382
- ²³ Sindwani, R. (2017). *Technological Advances in Sinus and Skull Base Surgery, An Issue of Otolaryngologic Clinics of North America, E-Book* (Vol. 50, No. 3). Elsevier Health Sciences.
- ²⁴ Patel, Z. M., Wise, S. K., & DelGaudio, J. M. (Eds.). (2013). *Office-Based Rhinology: Principles and Techniques*. Plural Publishing
- ²⁵ Prevedello, D. M., Doglietto, F., Jane Jr, J. A., Jagannathan, J., Han, J., & Laws Jr, E. R. (2007). History of endoscopic skull base surgery: its evolution and current reality
- ²⁶ Mudry, A., Holsinger, C., & Rameau, A. (2016). Origins of the binocular head mirror: The mystery of Dr. Clar, clarified. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 80, 101-105.
- ²⁷ Caldwell, G. W. (1893). Diseases of the accessory sinuses of the nose and improved method of treatment for suppuration of the maxillary antrum. *NY Med J*, 58, 526-528.
- ²⁸ Leopold, D. (1996). A history of rhinology in North America. *Otolaryngology—Head and Neck Surgery*, 115(4), 283-297.
- ²⁹ Wigand, M. E. (2008). *Endoscopic surgery of the paranasal sinuses and anterior skull base*(2nd ed., pp.212-215). Stuttgart: Thieme

- ³⁰ Lynch, R. C. (1921). The technique of a radical frontal sinus operation which has given me the best results.(original communications are received with the understanding) that they are contributed exclusively to the laryngoscope. *The Laryngoscope*, 31(1), 1-5
- ³¹ Pownell, P. H., Minoli, J. J., & Rohrich, R. J. (1997). Diagnostic nasal endoscopy. *Plastic and reconstructive surgery*, 99(5), 1451-1458
- ³² Mosher, H. P. (1913). The applied anatomy and the intra-nasal surgery of the ethmoidal labyrinth. *The Laryngoscope*, 23(9), 881-907
- ³³ Kennedy, D. W. (1997). Sinus surgery: a century of controversy. *The Laryngoscope*, 107(1), 1-5
- ³⁴ Cohen, N. A., & Kennedy, D. W. (2005). Endoscopic sinus surgery: where we are-and where we're going. *Current opinion in otolaryngology & head and neck surgery*, 13(1), 32-38
- ³⁵ Morgenstern, L. (2004, December). Harold Hopkins (1918-1995):“Let There Be Light...”. In *Seminars in Laparoscopic Surgery* (Vol. 11, No. 4, pp. 291-292). 708 Glen Cove Avenue, Glen Head, NY 11545, USA: Westminster Publications, Inc.
- ³⁶ HOPKINS, H. H., & KAPANY, N. S. (1954). A flexible fibrescope, using static scanning. *Nature*, 173(4392), 39
- ³⁷ Jennings, C. R. (1998). Harold Hopkins. *Archives of Otolaryngology–Head & Neck Surgery*, 124(9), 1042-1042
- ³⁸ Govindaraj S, Adappa ND, Kennedy DW. Endoscopic sinus surgery: evolution and technical innovations. *The Journal of laryngology and otology*. 2010 Mar;124(3):242–50.
- ³⁹ Linder, T. E., Simmen, D., & Stool, S. E. (1997). Revolutionary inventions in the 20th century: the history of endoscopy. *Archives of Otolaryngology–Head & Neck Surgery*, 123(11), 1161-1163
- ⁴⁰ Chandra, R. K., Conley, D. B., & Kern, R. C. (2009). Evolution of the endoscope and endoscopic sinus surgery. *Otolaryngologic clinics of North America*, 42(5), 747-752
- ⁴¹ Ahmed, O. H., Marcus, S., Lebowitz, R. A., & Jacobs, J. B. (2017). Evolution in visualization for sinus and skull base surgery: from headlight to endoscope. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 50(3), 505-519.
- ⁴² Kennedy, D. W. (1985). Functional endoscopic sinus surgery: technique. *Archives of otolaryngology*, 111(10), 643-649
- ⁴³ Kenned, D. W., Zinreich, S. J., Kuhn, F., Shaalan, H., Naclerio, R., & Loch, E. (1987). Endoscopic middle meatal antrostomy: theory, technique, and patency. *The Laryngoscope*, 97(S43), 1-9
- ⁴⁴ Kennedy, D. W., Bolger, W. E., & Zinreich, S. J. (2001). *Diseases of the sinuses: diagnosis and management*. PMPH-USA
- ⁴⁵ Kennedy, D. W. (2006). Technical innovations and the evolution of endoscopic sinus surgery. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*, 115(9_suppl), 3-12
- ⁴⁶ Tajudeen, B. A., & Kennedy, D. W. (2017). Thirty years of endoscopic sinus surgery: What have we learned?. *World journal of otorhinolaryngology-head and neck surgery*, 3(2), 115-121
- ⁴⁷ Parsons, D. S. (1996). Rhinologic uses of powered instrumentation in children beyond sinus surgery. *Otolaryngologic clinics of North America*, 29(1), 105-114
- ⁴⁸ Setliff 3rd, R. C. (1996). The hummer: a remedy for apprehension in functional endoscopic sinus surgery. *Otolaryngologic clinics of North America*, 29(1), 95
- ⁴⁹ Chang, J. R., Grant, M. P., & Merbs, S. L. (2015). Enucleation as endoscopic sinus surgery complication. *JAMA ophthalmology*, 133(7), 850-852
- ⁵⁰ Catalano, P. J. (2013). Balloon dilation technology: let the truth be told. *Current allergy and asthma reports*, 13(2), 250-254
- ⁵¹ Gore, M. R., Ebert, C. S., Zanation, A. M., & Senior, B. A. (2013, February). Beyond the “central sinus”: radiographic findings in patients undergoing revision functional endoscopic sinus surgery. In *International forum of allergy & rhinology* (Vol. 3, No. 2, pp. 139-146)
- ⁵² Shapshay, S. M., Rebeiz, E. E., & Pankratov, M. M. (1992). Holmium: Yttrium aluminum garnet laser-assisted endoscopic sinus surgery: Clinical experience. *The Laryngoscope*, 102(10), 1177-1180
- ⁵³ Stokken, J. K., Halderman, A., Recinos, P. F., Woodard, T. D., & Sindwani, R. (2016). Strategies for improving visualization during endoscopic skull base surgery. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 49(1), 131-140
- ⁵⁴ Levine, H. L., Sertich, A. P., Hoisington, D. R., Weiss, R. L., Pritikin, J., & PatiENT Registry Study Group. (2008). Multicenter registry of balloon catheter sinusotomy outcomes for 1,036 patients. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*, 117(4), 263-270
- ⁵⁵ Bolger, W. E., Brown, C. L., Church, C. A., Goldberg, A. N., Karanfilov, B., Kuhn, F. A., ... & Weiss, R. L. (2007). Safety and outcomes of balloon catheter sinusotomy: a multicenter 24-week analysis in 115 patients. *Otolaryngology—Head and Neck Surgery*, 137(1), 10-20
- ⁵⁶ Mouton, W. G., Bessell, J. R., & Maddern, G. J. (1998). Looking back to the advent of modern endoscopy: 150th birthday of Maximilian Nitze. *World journal of surgery*, 22(12), 1256-1258

- ⁵⁷ Gross, S., & Kollenbrandt, M. (2009). Technical evolution of medical endoscopy. *Acta Polytechnica*, 49(2)
- ⁵⁸ Tasman, A. J., & Stammberger, H. (1998). Video-endoscope versus endoscope for paranasal sinus surgery: influence on stereoacuity. *American journal of rhinology*, 12(6), 389-392
- ⁵⁹ Ayad, T., Peloquin, L., & Prince, F. (2005). Ergonomics in endoscopic sinus surgery: systematic review of the literature. *Journal of otolaryngology*, 34(5), 333
- ⁶⁰ Otto, K. J., Hapner, E. R., Baker, M., & Johns III, M. M. (2006). Blinded evaluation of the effects of high definition and magnification on perceived image quality in laryngeal imaging. *Annals of Otolology, Rhinology & Laryngology*, 115(2), 110-113
- ⁶¹ Hagiike, M., Phillips, E. H., & Berci, G. (2007). Performance differences in laparoscopic surgical skills between true high-definition and three-chip CCD video systems. *Surgical endoscopy*, 21(10), 1849-1854
- ⁶² Lund, V. J., Savy, L., & Lloyd, G. (2000). Imaging for endoscopic sinus surgery in adults. *The Journal of Laryngology & Otolology*, 114(5), 395-397
- ⁶³ Stamm, A. M. (2006). Transnasal endoscopy-assisted skull base surgery. *Annals of Otolology, Rhinology & Laryngology*, 115(9_suppl), 45-53
- ⁶⁴ Anon, J. B., Klimek, L., Mosges, R., & Zinreich, S. J. (1997). Computer-assisted endoscopic sinus surgery. An international review. *Otolaryngologic clinics of north America*, 30(3), 389-401
- ⁶⁵ Moharir, V. M., Fried, M. P., Vernick, D. M., Janecka, I. P., Zahajsky, J., Hsu, L., ... & Kikinis, R. (1998). Computer-assisted three-dimensional reconstruction of head and neck tumors. *The Laryngoscope*, 108(11), 1592-1598
- ⁶⁶ Huang, B. Y., Senior, B. A., & Castillo, M. (2015). Current trends in sinonasal imaging. *Neuroimaging Clinics*, 25(4), 507-525
- ⁶⁷ Manes, R. P., Barnett, S., & Batra, P. S. (2011, May). Utility of novel 3-dimensional stereoscopic vision system for endoscopic sinonasal and skull-base surgery. In *International forum of allergy & rhinology* (Vol. 1, No. 3, pp. 191-197). Wiley Subscription Services, Inc., A Wiley Company
- ⁶⁸ Kari, E., Oyesiku, N. M., Dadashev, V., & Wise, S. K. (2012, January). Comparison of traditional 2-dimensional endoscopic pituitary surgery with new 3-dimensional endoscopic technology: intraoperative and early postoperative factors. In *International forum of allergy & rhinology* (Vol. 2, No. 1, pp. 2-8). Wiley Subscription Services, Inc., A Wiley Company.
- ⁶⁹ Snyderman, C. H., Carrau, R. L., Prevedello, D. M., Gardner, P., & Kassam, A. B. (2009). Technologic innovations in neuroendoscopic surgery. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 42(5), 883-890
- ⁷⁰ Singh, A., & Saraiya, R. (2013). Three-dimensional endoscopy in sinus surgery. *Current opinion in otolaryngology & head and neck surgery*, 21(1), 3-10
- ⁷¹ Chan, J. Y., Leung, I., Navarro-Alarcon, D., Lin, W., Li, P., Lee, D. L., ... & Tong, M. C. (2016). Foot-controlled robotic-enabled endoscope holder for endoscopic sinus surgery: A cadaveric feasibility study. *The Laryngoscope*, 126(3), 566-569
- ⁷² Schneider, J. S., Burgner, J., Webster III, R. J., & Russell III, P. T. (2013). Robotic surgery for the sinuses and skull base: What are the possibilities and what are the obstacles?. *Current opinion in otolaryngology & head and neck surgery*, 21(1), 11
- ⁷³ Rilk, M., Kubus, D., Wahl, F. M., Eichhorn, K. W., Wagner, I., & Bootz, F. (2010, May). Demonstration of a prototype for robot assisted Endoscopic Sinus Surgery. In *Robotics and Automation (ICRA), 2010 IEEE International Conference on* (pp. 1090-1091). IEEE
- ⁷⁴ Li, L., Yang, J., Chu, Y., Wu, W., Xue, J., Liang, P., & Chen, L. (2016). A novel augmented reality navigation system for endoscopic sinus and skull base surgery: a feasibility study. *PloS one*, 11(1), e0146996
- ⁷⁵ Caversaccio, M., Garcia, J. G., Thoranaghatte, R., Zheng, G., Egli, P., Nolte, L. P., & Gonzalez, M. B. (2008). Augmented reality endoscopic system (ARES): preliminary results. *Rhinology*, 46(2), 156-158
- ⁷⁶ Thoranaghatte, R., Garcia, J., Caversaccio, M., Widmer, D., Gonzalez Ballester, M. A., Nolte, L. P., & Zheng, G. (2009). Landmark-based augmented reality system for paranasal and transnasal endoscopic surgeries. *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, 5(4), 415-422.